А. И. ВОЕЙКОВЪ

КОЛЕБАНІЕ И ИЗМѢНЕНІЕ КЛИМАТА

КОЛЕБАНІЕ И ИЗМѢНЕНІЕ КЛИМАТА.

А. И. Воейкова.

(Читано въ собраніи И. Р. Г. О. 22-го декабря 1893 г.).

То, что мы называемъ средними климатическими величинами, напримѣръ, среднею температурою, давленіемъ, осадками, какъ и всѣ другія среднія величины, представляетъ, собственно, отвлеченія, не вполнѣ соотвѣтствующія дѣйствительнымъ условіямъ.

Въ самомъ дѣлѣ, возьмемъ, напримѣръ, среднюю температуру за каждый день въ такомъ мѣстѣ, гдѣ имѣются продолжительныя наблюденія, напримѣръ, въ Петербургѣ, гдѣ ихъ болѣе чѣмъ за 130 лѣтъ, въ особенности среднюю, сглаженную вычисленіемъ по формулѣ. Подобнаго рода средняя представляетъ намъ такой ходъ температуры, который совершенно невозможенъ въ отдѣльный годъ. Никогда не бываетъ и быть не можетъ въ нашемъ климатѣ, чтобы температура постепенно поднималась отъ половины или конца января до половины іюля и потомъ постепенно и равномѣрно опять спускалась къ январю. Мало того, я вполнѣ увѣренъ, что въ климатахъ, подобныхъ нашему, никогда не случается, чтобы подобное идеальное распредѣленіе температуры осуществлялось даже въ границахъ 5° вверхъ и внизъ отъ многолѣтней средней. Въ каждомъ году, навѣрное, будутъ дни, гораздо болѣе отличающіеся отъ многолѣтней средней. Къ этому мы всѣ привыкли и полной равномѣрности и не ожидаемъ; но крупныя колебанія въ ту или другую сторону для людей, незнакомыхъ съ метеорологіей, являются неожиданными и здѣсь очень хорошо видно, до какой степени коротка память цивилизованнаго человѣка.

Когда и въ какіе годы не случалось намъ слышать разговоры или читать статьи, въ которыхъ высказывались мнѣнія, что

такой погоды не запомнятъ самые старые люди. По справкамъ, однако, оказывается, что въ большинствѣ случаевъ не только очень старые люди, но даже и молодые испытывали нѣчто подобное, но забыли. Люди, ведущіе метеорологическія наблюденія или пользующіеся наблюденіями другихъ, помогаютъ своей памяти и не впадаютъ въ подобныя ошибки; но одно дѣло—наблюденія, сдѣланныя въ одномъ мѣстѣ или на небольшомъ пространствѣ вокругъ него, и иное дѣло широкое распространеніе метеорологической сѣти на возможно большей части земной поверхности.

Пока наблюденія велись лишь на сравнительно небольшомъ пространствѣ Западной Европы, всякаго рода отклоненія отъ средней обыкновенно считались общими для всего земного шара. При этомъ не были исключены всевозможныя гипотезы о тѣхъ или другихъ измѣненіяхъ на нашемъ центральномъ свѣтилѣ—солнцѣ.

Но уже въ первой половинѣ нынѣшняго столѣтія сѣть метеорологическихъ наблюденій настолько расширилась, что знаменитый Дове могъ приступить къ своимъ изслѣдованіямъ надъ неправильными или неперіодическими измѣненіями температуры [1]) и доказывать, что, по крайней мѣрѣ, во многихъ случаяхъ является то, что онъ называетъ компенсаціей: когда, напримѣръ, очень холодной зимѣ въ Западной Европѣ соотвѣтствуетъ тепло внутри Сѣверной Америки и Восточной Сибири или наоборотъ. Дове былъ такъ проникнутъ открытіемъ, которое онъ въ этомъ отношеніи сдѣлалъ, что онъ и его школа были вполнѣ увѣрены, что компенсація всегда существуетъ, что средняя температура для всего земного шара всегда одинакова, и существуютъ лишь нѣкоторыя измѣненія ея распредѣленія, вслѣдствіе чего однѣ мѣстности въ данномъ году получаютъ слишкомъ мало, а другія слишкомъ много тепла, иначе сказать, что, изслѣдуя какіе нибудь, въ данной мѣстности, исключительно теплые или холодные, сухіе или дождливые мѣсяцы, мы имѣемъ дѣло не съ увеличеніемъ или уменьшеніемъ количества тепла и осадковъ, а только съ различнымъ ихъ распредѣленіемъ по земному шару. Однако, подобную компенсацію доказать было совершенно невозможно и даже немыслимо, такъ какъ не только въ то время, когда дѣлались работы Дове, но и теперь, при громаднѣйшемъ расширеніи метеоро-

---

[1]) Dove. Die nicht periodischen Aenderungen der Temperaturvertheilung auf der Erdoberflache. Berlin 1840—59 и Klimatologische Beiträge. II. Berlin. 1869. См. также статью: Неперіодическія измѣненія температуры. Извѣстія И. Р. Г. Общества. 1871. ч. I. стр. 35.

логическихъ сѣтей мы врядъ ли имѣемъ свѣдѣнія болѣе, чѣмъ объ одной десятой части земной поверхности, остальныя девять десятыхъ, именно—океаны и громадныя пространства большихъ материковъ: Азіатскаго, Африканскаго, Сѣвернаго и Южнаго Американскаго остаются внѣ сѣти правильныхъ наблюденій.

Въ послѣднія тридцать лѣтъ стали отчасти возвращаться къ старымъ понятіямъ, стали именно искать періодичности болѣе продолжительной, чѣмъ годъ, т. е. время обращенія земли вокругъ солнца. Искали этой періодичности двоякимъ способомъ: иные исходили изъ извѣстныхъ уже посредствомъ астрономическихъ наблюденій измѣненій на поверхности солнца и искали отраженія ихъ въ земной атмосферѣ, въ особенности ея температурѣ; самыя важныя явленія этого рода, которыя повели къ многочисленнымъ изслѣдованіямъ не только температуры воздуха, но и осадковъ, электрическихъ явленій, земного магнитизма, сѣверныхъ сіяній и т. д.—солнечныя пятна. Другіе, напротивъ того, не задаваясь цѣлями найти причины тѣхъ или другихъ измѣненій, прежде всего искали самыхъ этихъ измѣненій и старались установить ихъ интенсивность и ихъ періодъ. Къ подобнаго рода изслѣдованіямъ можно въ особенности отнести обширный трудъ Брюкнера[1]), въ которомъ онъ высказалъ гипотезу о 35-лѣтнемъ періодѣ, въ теченіе котораго происходитъ полный кругъ явленій, т. е. въ теченіе нѣкоторой части этого періода преобладаетъ сухая и теплая погода, а въ теченіе другой—влажная и холодная.

Самое обширное изслѣдованіе о вліяніи солнечныхъ пятенъ на температуру воздуха сдѣлано В. П. Кеппеномъ[2]). Сопоставляя результаты этого изслѣдованія относительно періодическихъ измѣненій, зависящихъ отъ солнечныхъ пятенъ, и результаты изслѣдованій Брюкнера, мы получаемъ такой весьма любопытный выводъ: какъ вліяніе солнечныхъ пятенъ, такъ и вліяніе Брюкнеровскаго періода довольно рѣзко обозначаются въ концѣ прошлаго и въ первой половинѣ нынѣшняго столѣтія; затѣмъ, съ шестидесятыхъ годовъ различія почти совершенно сглаживаются.

Нужно замѣтить еще, что ученые, которые дѣлали подобнаго рода вычисленія, вполнѣ сознавая то обстоятельство, что самое малое пространство земли вошло въ сѣть правильныхъ метеоро-

---

[1]) Brückner Klimaschwankungen. Wien. 1890.

[2]) Köppen, Mehrjährige Perioden der Witterung, Zeitschr. Oester. Ges. Meteorologie. 1873, 1880, 1881.

логическихъ наблюденій, совершенно справедливо, по моему мнѣнію, обращали особенное вниманіе на условія тропическихъ странъ, въ особенности относительно распредѣленія температуры. Дѣло въ томъ, что уже изслѣдованіями Дове доказано неопровержимо, что вообще измѣнчивость температуры въ тропикахъ чрезвычайно мала, слѣдовательно, сколько нибудь значительное отклоненіе отъ средней въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ даетъ довольно большое вѣроятіе, что это отклоненіе имѣетъ общій характеръ и распространяется на значительное пространство. Это особенно нужно замѣтить о наблюденіхъ, сдѣланныхъ на берегахъ моря. Въ теченіе первой половины нынѣшняго столѣтія дѣйствительно получилось въ тропикахъ замѣчательное различіе температуры, т. е. повышеніе и пониженіе въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ въ зависимости отъ солнечныхъ пятенъ, но въ послѣдніе годы получены иные результаты. Между прочимъ, Бланфордъ и Мельдромъ изслѣдовали періодъ 1876—1878 годовъ, замѣчательный по чрезвычайно высокой и равномѣрной температурѣ на значительной части тропическаго и подтропическаго пояса, въ особенности Индіи, За-гангскаго полуострова, а также, насколько можно судить по наблюденіямъ, и на всемъ пространствѣ Индѣйскаго океана, отъ восточной Африки черезъ Маскаренскіе острова до Австраліи.

Гипотезѣ Брюкнера особенно посчастливилось въ послѣднее время у насъ, и была даже попытка (барона Ф. Ф. Врангеля) привести ее въ соотношеніе съ неурожаями и засухами 1890—1891 годовъ. Брюкнеръ принимаетъ послѣдній холодный и влажный періодъ около 1880 года; отсюда заключили, что мы идемъ къ новому періоду жаровъ и засухъ, а такъ какъ Брюкнеръ вмѣстѣ съ тѣмъ указываетъ еще на то, что колебанія гораздо болѣе сильны и замѣтны внутри материковъ, чѣмъ на берегахъ морей, то отсюда получалось безотрадное заключеніе, что мы еще не испили всей чаши засухъ и неурожаевъ, и что къ концу столѣтія они должны еще усилиться. Послѣдніе два года неблагопріятны для такой гипотезы.

Брюкнеръ въ особенности указываетъ на то, что въ Западной Сибири, въ началѣ сороковыхъ годовъ, было очень много осадковъ; затѣмъ они значительно уменьшились къ концу пятидесятыхъ и началу шестидесятыхъ и стали снова возрастать къ концу семидесятыхъ годовъ [1]). Особенно благопріятный результатъ дала

[1]) Значительное уменьшеніе осадковъ въ Западной Сибири отъ начала сороковыхъ годовъ къ шестидесятымъ было впервые отмѣчено мною въ 1871 г.

единственная станція въ Сибири, гдѣ наблюденія продолжались болѣе 50 лѣтъ,—Барнаульская, немного къ западу отъ Алтая. Однако, послѣдніе годы показали, что ожидаемаго уменьшенія осадковъ послѣ 1880 года не происходитъ, а количество ихъ по прежнему,—понятно, съ нѣкоторыми колебаніями,—продолжаетъ быть большимъ и значительно превосходитъ то, которое наблюдалось въ пятидесятыхъ и шестидесятыхъ годахъ.

Въ виду особаго интереса Барнаула и сосѣдней мѣстности и чрезвычайно большого колебанія количествъ осадковъ, благопріятнаго для гипотезы Брюкнера, по крайней мѣрѣ, отъ начала 40-хъ до начала 80-хъ годовъ, я изслѣдовалъ колебанія средней температуры за тѣ же года, и оказалось, что здѣсь дѣло обстоитъ совершенно иначе, чѣмъ относительно осадковъ, и сколько нибудь ясныхъ колебаній, указывающихъ на высокую температуру въ началѣ шестидесятыхъ и низкую температуру въ началѣ восьмидесятыхъ годовъ въ Барнаулѣ нѣтъ. Колебанія температуры, какъ извѣстно, простираются одновременно на гораздо большія пространства, чѣмъ колебанія осадковъ, и потому замѣченное о Барнаулѣ, по крайней мѣрѣ въ годовомъ періодѣ, можно распространить на обширную сосѣднюю съ нимъ полосу. Констатировать этотъ фактъ очень важно въ виду слѣдующаго: Брюкнеръ былъ приведенъ къ своей гипотезѣ свѣдѣніями о колебаніяхъ, болѣе или менѣе періодическихъ, альпійскихъ ледниковъ; они увеличиваются въ объемѣ и длинѣ, наступаютъ на долины въ холодные и влажные періоды, напротивъ того, уменьшаются, отступаютъ въ періоды теплые и сухіе.

Необычайно сильное отступаніе альпійскихъ ледниковъ въ 60-хъ—70-хъ годахъ несомнѣнно дало Брюкнеру первую мысль объ изслѣдованіи періодичности этого явленія и тѣхъ, отъ которыхъ оно зависитъ, т. е. температуры и осадковъ. Самые благопріятные для его гипотезы періоды, именно—теплый въ двадцатыхъ годахъ и холодный въ концѣ тридцатыхъ, дали отклоненіе около 1° отъ многолѣтней средней, первый вверхъ, второй внизъ. Исходя изъ этого явленія, Брюкнеръ заключаетъ слѣдующее: если подобныя сравнительно небольшія колебанія могли дать въ результатѣ весьма значительное наступаніе ледниковъ въ сороковыхъ годахъ, изслѣдованное Агассицомъ и его соратниками по

См. Распредѣленіе осадковъ въ Россіи (Записки по Общей Географіи И. Р. Геогр. Общ. Т. VI).

изученію ледниковъ, и очень большое отступаніе въ шестидесятыхъ и семидесятыхъ годахъ, то, полагаетъ онъ, достаточно было бы пониженія температуры, впятеро или вшестеро большаго противъ наблюдавшагося въ концѣ тридцатыхъ годовъ, и нѣкотораго увеличенія влажности и осадковъ для того, чтобы возстановить явленія послѣдняго ледниковаго періода, когда Ронскій ледникъ не только занималъ все нынѣшнее Женевское озеро, но и проходилъ чрезъ цѣпь Юры и оканчивался вблизи Ліона, а ледники на южномъ склонѣ Альпъ, наполняя нынѣшнія озера верхней Италіи, доходили до заливовъ моря, занимавшаго нынѣшнюю Ломбардскую равнину, гдѣ ледъ отламывался и плылъ далѣе въ видѣ ледяныхъ горъ, какъ то имѣетъ мѣсто теперь на берегахъ Гренландіи. Такъ какъ, по его мнѣнію, колебанія температуры и осадковъ больше въ континентальныхъ климатахъ, чѣмъ въ приморскихъ, то и зависящее отъ этихъ колебаній пониженіе снѣжной линіи, а слѣдовательно, и ледниковъ должно было быть болѣе значительнымъ въ странахъ континентальныхъ, чѣмъ близкихъ къ морю. Однако, какъ замѣчено выше, доказаннымъ можно считать лишь значительное колебаніе осадковъ внутри части Азіатскаго материка, и то только въ неполные два періода, а большого колебанія температуры нѣтъ, и это послѣднее, вообще говоря, менѣе, чѣмъ въ странахъ западной Европы, болѣе близкихъ къ океану.

Есть еще другое весьма любопытное обстоятельство. Брюкнеръ совершенно справедливо обратилъ вниманіе и на колебанія уровня озеръ, особенно непроточныхъ, въ родѣ Каспійскаго моря, и нашелъ нѣкоторое подтвержденіе своей гипотезѣ, особенно въ сравнительно высокомъ стояніи Каспія въ сороковыхъ годахъ, низкомъ въ началѣ шестидесятыхъ и высокомъ въ концѣ семидесятыхъ и началѣ восьмидесятыхъ.

Но совсѣмъ другіе результаты даютъ кавказскіе ледники. Если бы явленія здѣсь были того же рода, какъ наблюдаемыя въ западной Европѣ, еслибы было въ концѣ семидесятыхъ годовъ общее увеличеніе количества осадковъ, соединенное съ пониженіемъ температуры, то ледники Кавказа должны были бы перейти въ періодъ наступанія, въ особенности небольшіе ледники, на которыхъ колебанія климатическихъ условій отражаются довольно быстро. Какъ ни мало изслѣдованы кавказскіе ледники, сравнительно съ альпійскими, но одно совершенно ясно, что уже давно въ нихъ незамѣтно періода наступанія, продолжающагося сколько нибудь продолжительное время. Исключеніе составляютъ очень не-

многіе, и эти исключенія объясняются мѣстными причинами, напримѣръ, паденіемъ на нижнюю часть ледника большого количества камней, которые, защищая его отъ нагрѣванія солнечными лучами, способствуютъ уменьшенію таянія. За однимъ ледникомъ у насъ слѣдили болѣе или менѣе постоянно за послѣдніе 50—60 лѣтъ, именно за Девдоракскимъ ледникомъ, находящимся близъ Дарьяльскаго ущелья и грозящимъ опасностью Военно-Грузинской дорогѣ. Громадные завалы этого ледника случались, послѣ занятія края русскими, въ 1808, 1817 и 1832 году, а прежняя легенда туземцевъ говорила, что завалы случались каждыя семь лѣтъ. Громадная опасность для главнаго пути сообщенія Россіи съ Закавказьемъ, неудобство и расходы, сопряженные съ паденіемъ такихъ большихъ заваловъ, конечно, заставили слѣдить за этимъ явленіемъ и, такъ сказать, бить тревогу, какъ только замѣтно было хотя небольшое увеличеніе ледника. Подобные слѣды были замѣтны въ 1842, 1855, 1867 и 1877 годахъ. Замѣтимъ, что первый и послѣдній—холодные годы по гипотезѣ Брюкнера, а второй и третій—теплые. Эти увеличенія оказались очень кратковременными, и въ общемъ ледникъ уменьшается, хотя съ небольшими и непродолжительными колебаніями; слѣдовательно, этотъ единственный сколько нибудь изслѣдованный ледникъ Кавказа не показываетъ наступанія въ тѣ періоды, въ которые оно должно бы случиться, еслибы гипотеза Брюкнера была справедлива, или же, можетъ быть, если и существуютъ нѣкоторыя колебанія климата такого рода, то вліяніе ихъ совершенно ничтожно въ сравненіи съ другими вліяніями, полная причина которыхъ еще не разъяснена,—вліяніями, ведущими къ тому, что замѣчается общее усыханіе на значительномъ пространствѣ Азіатскаго материка,— усыханіе, сопряженное съ уменьшеніемъ и ледниковъ, и непроточныхъ озеръ на громадномъ пространствѣ отъ Каспійскаго моря до озера Ханки, въ Южно-Уссурійскомъ краѣ. Если въ Каспійскомъ морѣ замѣчаются періоды повышенія уровня воды, то этимъ оно въ значительной степени обязано водамъ Волги, которыя несутся изъ климата болѣе близкаго къ западно-европейскому. Дѣйствительно, самое быстрое повышеніе уровня Каспійскаго моря было замѣчено лѣтомъ 1867 года, вслѣдъ за самымъ значительнымъ, по высотѣ воды и продолжительности, половодьемъ Волги въ послѣдніе 70 лѣтъ [1]).

[1]) См. таблицу чл.-сотр. Зарубина (Извѣстія И. Р. Геогр. Общ. 1870, ч. I,

Возможно даже предположить, что увеличеніе количества воды въ Каспійскомъ морѣ въ концѣ семидесятыхъ годовъ находится въ связи съ усиленнымъ таяніемъ кавказскихъ ледниковъ Каспійскаго бассейна. Очевидно, что въ періодъ усиленнаго таянія ледниковъ они даютъ лѣтомъ сравнительно много воды. Въ недавно напечатанномъ изслѣдованіи Мишёлье относительно колебаній одного изъ Пиринейскихъ ледниковъ (Neouvielle) и количества воды въ рѣчкѣ, питаемой имъ, указывается, что въ началѣ семидесятыхъ годовъ, когда ледникъ особенно быстро уменьшался, рѣчка была сравнительно полноводна [1]). Въ послѣдніе годы доказано уменьшеніе и громадныхъ ледниковъ Тянь-шаньской системы. Одно время предполагалось, на основаніи неточныхъ данныхъ, что Зеравшанскій ледникъ увеличивается, но это мнѣніе было высказано людьми, не видѣвшими его, а изслѣдованія Мушкетова показали, что онъ уменьшается, какъ и другіе [2]).

Если въ настоящее время не замѣчается параллелизма между колебаніями ледниковъ западной Европы—съ одной стороны, Кавказа и Тянь-шаня—съ другой, то что̀ заключать о прежнихъ періодахъ? Считаю вѣроятнымъ, что тогдашнее значительное увеличеніе ледниковъ могло произойти отъ общихъ причинъ, которыя, можетъ быть, и отразились одновременно на разныхъ материкахъ. Къ этому вопросу я еще возвращусь во второй половинѣ статьи.

Вопросъ о климатическихъ условіяхъ, отъ которыхъ зависѣло бо̀льшее или меньшее развитіе ледниковъ, составляетъ одинъ изъ самыхъ важныхъ и интересныхъ вопросовъ геологическихъ климатовъ. Литература этого вопроса чрезвычайно обширна, и высказанныя мнѣнія до крайности разнообразны. Разберемъ нѣкоторыя изъ нихъ.

Одинъ изъ первыхъ изслѣдователей древнихъ ледниковыхъ явленій, знаменитый Агассицъ, былъ твердо убѣжденъ въ томъ, что прежнимъ своимъ распространеніемъ ледники были обязаны пониженію температуры. Послѣ изслѣдованія своей родины, Швейцаріи, онъ поѣхалъ въ Англію, нашелъ и тамъ слѣды древнихъ ледниковыхъ явленій, причемъ онъ былъ первый, нашедшій ихъ.

стр. 24) и статью: Колебанія уровня Волги и Каспійскаго моря (тамъ же, 1871 ч. I, стр. 56).

[1]) Michelier. Variations des glaciers des Pyrénées. Annales du Bureau central Meteorologique de France. 1885, I.

[2]) См. книгу Мушкетова: Физическая Геологія, т. 2, и мою статью: Снѣжный покровъ (Записки по Общей Географіи, т. XVIII).

Наконецъ, во время своего путешествія по Бразиліи, онъ думалъ, что нашелъ слѣды древнихъ ледниковъ не только въ горахъ Южной Бразиліи, близъ Ріо-Жанейро, но даже на равнинѣ Амазонки. Онъ былъ вполнѣ убѣжденъ, что причина пониженія температуры — космическая, что это пониженіе коснулось всего земного шара одновременно, а не попеременно сѣвернаго и южнаго полушарія, какъ думаютъ другіе, и было весьма значительно. Причины этого явленія онъ не могъ указать; точно также онъ не разсмотрѣлъ вопроса о томъ, какъ должно дѣйствовать бо́льшее или меньшее количество осадковъ. Если не въ чистомъ видѣ и не съ такими крайностями, то съ извѣстными измѣненіями гипотеза Агассица существовала еще долгое время.

Другіе ученые обратили вниманіе на иную сторону явленій, на то, что для существованія снѣжниковъ и ледниковъ нужны осадки въ твердомъ видѣ—обильные снѣга, и что тамъ, гдѣ ихъ нѣтъ или слишкомъ мало, тамъ и значительнаго пониженія температуры недостаточно для образованія ледниковъ. Защитниками этой гипотезы были въ особенности Тиндаль[1]) и Уитней[2]), и они были правы до нѣкоторой степени, но заходили уже слишкомъ далеко, не принимая въ разсчетъ того обстоятельства, что если осадки падаютъ при высокой температурѣ, то они падаютъ въ видѣ дождя, а не снѣга.

Третье мнѣніе въ его первоначальномъ видѣ ужъ не знаю какъ назвать; это именно мнѣніе о томъ, что существуютъ какія-то ледниковыя шапки (по-французски они такъ и называются calottes de glace), вокругъ обоихъ полюсовъ, увеличивающіяся и уменьшающіяся въ зависимости отъ пониженія и повышенія температуры. Автора подобной гипотезы, конечно, трудно найти. Она несомнѣнно возникла тогда, когда образованіе и движеніе льда, снѣжниковъ и ледниковъ не было еще изслѣдовано и вообще объ этомъ явленіи и его распространеніи по земному шару имѣлись самыя смутныя понятія.

Эта гипотеза и теперь имѣетъ приверженцевъ даже въ самомъ первоначальномъ, грубомъ видѣ. Такъ, еще въ 1893 году была помѣщена статья такого рода, совершенно неизвѣстнаго до того автора, въ научномъ журналѣ «Revue Scientifique». Въ ней именно

[1]) Труды Тиндаля очень извѣстны у насъ, нѣкоторые изъ нихъ переведены на русскій языкъ.

[2]) Whitney. Climatic Changes. Cambridge. Mass. 1880—82.

говорится о «calottes de glace», и авторъ, очевидно, и не подозрѣваетъ различія въ условіяхъ образованія и накопленія льдовъ на моряхъ и на сушѣ. Но о громадномъ накопленіи морскихъ льдовъ недавно еще писали люди, мнѣнія которыхъ заслуживаютъ вниманія и разбора.

Такъ, начальникъ англійской полярной экспедиціи, зимовавшей на Гринелевой землѣ въ 1875—1876 гг., сэръ Джонъ-Нэрсъ (Nares) привезъ оттуда свѣдѣнія о старо-ледниковомъ морѣ (Paleocrystic sea), которое опять оживило гипотезу о громадныхъ морскихъ льдахъ, поколебавшуюся было подъ вліяніемъ изслѣдованій горныхъ и материковыхъ ледниковъ и льдовъ на моряхъ, и онъ нашелъ скоро послѣдователей между извѣстнѣйшими учеными; въ особенности можно указать на Уитнея и Гейма. Послѣдній, въ своемъ извѣстномъ курсѣ ученія о ледникахъ[1]), выразилъ мнѣніе, что льды такъ называемаго южно-полярнаго материка — происхожденія морского, а не материковаго.

Нахожу невозможнымъ согласиться съ подобнымъ мнѣніемъ и укажу въ этомъ отношеніи на важное изслѣдованіе Стефана (Stefan)[2]) и на измѣренія толщины льда во время разныхъ полярныхъ экспедицій, вычисленныя и обработанныя Вейпрехтомъ[3]). Тѣ и другія указываютъ на то обстоятельство, что дальнѣйшее наростаніе льда въ глубь очень значительно замедляется по мѣрѣ утолщенія льда. Кромѣ того препятствіемъ для утолщенія льда служитъ еще подвижность воды въ открытыхъ моряхъ, вліяніе вѣтра, волнъ, теченій, которыя постоянно разбиваютъ и отламываютъ образовавшійся ледъ.

Подвижность льдовъ въ моряхъ, наиболѣе богатыхъ ими, видна изо всѣхъ отчетовъ о путешествіяхъ въ полярныя моря. Уже первый ученый морякъ, зимовавшій во льдахъ, голландецъ Баренцъ, указываетъ на это. Онъ, какъ извѣстно, зимовалъ у береговъ Новой Земли, въ сѣверной части Карскаго моря. И, однако, даже и зимой, льды нерѣдко ломались вѣтрами, и въ маѣ уже можно было выйти въ открытое море. Многочисленные рукава, заливы и проливы къ сѣверу отъ Сѣверо-Американскаго материка необычайно благопріятны для накопленія льда, такъ какъ со-

---

[1]) Heim. Handbuch der Gletscherkunde. Stuttgart. 1884.—Уитней защищаетъ гипотезу морскихъ льдовъ въ трудѣ, указанномъ выше.

[2]) См. его статью Wiedemanns Annalen des Physik. T. XLII, стр. 269.—См. также Мет. Вѣстн. 1891, стр. 514.

[3]) Weyprecht, Metamorphosen des Polareises.

сѣдство суши облегчаетъ его образованіе, вѣтеръ не можетъ разводить такого волненія, какъ въ открытомъ морѣ, приливы слабы и т. д. Но, однако, и здѣсь ледъ въ движеніи. Заливъ или проливъ, въ данное лѣто загроможденный льдами, нерѣдко въ слѣдующее оказывался свободнымъ отъ льда. То же самое можно замѣтить о Карскомъ морѣ, Ледовитомъ океанѣ къ сѣверу отъ Сибири и т. д. См. также книгу Вейпрехта, указанную выше. Я нахожу возможнымъ допустить образованіе довольно толстаго морского льда лишь въ томъ случаѣ, если мы имѣемъ не глубокій и защищенный бассейнъ и въ особенности тогда, когда онъ открытъ лишь съ одной стороны, и съ этой стороны еще преобладаетъ вѣтеръ: тогда собираются льды и нагромождаются одни на другіе вліяніемъ вѣтра. Несомнѣнно, что староледниковое море Нэрса именно такого рода. Мы имѣемъ здѣсь дѣло съ нагроможденіемъ льда, а не съ намерзаніемъ въ большихъ размѣрахъ. Затѣмъ, конечно, разъ льда образовалось много, онъ опускается, подъ вліяніемъ собственной тяжести, и въ случаѣ малой глубины бассейна можетъ дойти до его дна, а затѣмъ на немъ уже можетъ наростать снѣгъ и образоваться снѣжники и ледники, но послѣднее образованіе льда уже не морское, а материковое.

Въ своемъ изслѣдованіи о климатическихъ условіяхъ ледниковыхъ явленій (Записки Императорскаго Минералогическаго Общества 1881 г.) я занялся вопросомъ и о долѣ справедливости первыхъ двухъ гипотезъ: гипотезы чисто тепловой Агассица и гипотезы, которую назову гипотезой осадковъ Тиндаля. Относительно первой я указалъ на громадное распространеніе ледниковъ на западномъ склонѣ горъ Патагоніи и Новой Зеландіи,—распространеніе, которымъ онѣ обязаны обильнымъ снѣгамъ, выпадающимъ на этихъ горахъ. Благодаря этому, ледникъ Франца Іосифа, подъ широтой 43°, т. е. широтой Ниццы, Флоренціи и Сухума, доходитъ до высоты 212 метровъ надъ уровнемъ моря, гдѣ средняя годовая температура около 10°, и даже зимою рѣдко бываютъ морозы. Совершенно обратное—въ Восточной Сибири, гдѣ средняя годовая вездѣ, за исключеніемъ Южно-Уссурійскаго края и Камчатки, ниже 0° и, однако, ледники есть только небольшіе, на склонѣ высокой горы Мунка-Сардыкъ. Ихъ нѣтъ даже въ Верхоянскомъ хребтѣ, гдѣ, конечно, имѣются благопріятныя топографическія условія для образованія снѣжниковъ и ледниковъ, и гдѣ у подошвы горъ средняя годовая ниже 17°, а средняя январьская температура—52°. Причина отсутствія ледниковъ, очевидно, малое

количество выпадающаго снѣга, быстро тающаго въ концѣ весны и началѣ лѣта.

Возражая противъ гипотезы Агассица, я, конечно, имѣлъ много единомышленниковъ. Я привелъ нѣсколько рѣзкихъ примѣровъ и, главнымъ образомъ, остановился на условіяхъ Сибири, какъ особенно типичныхъ въ данномъ случаѣ.

Но мнѣ пришлось возражать и противъ другой гипотезы—Тиндаля, впослѣдствіи принятой и Уитнеемъ. Я указалъ, между прочимъ, на то, что если обильные осадки ведутъ къ образованію ледниковъ, то они, конечно, должны бы существовать въ западной части Великобританіи, гдѣ климатъ очень влажный, лѣто не жаркое, осадки обильные и при томъ главная масса ихъ выпадаетъ позднею осенью и зимою; но, благодаря тому, что пары, отъ которыхъ зависятъ осадки въ Великобританіи, образуются на морѣ, имѣющемъ и зимою температуру выше 10°, они даютъ гораздо чаще дождь, чѣмъ снѣгъ, и послѣдній падаетъ, главнымъ образомъ, при восточиыхъ вѣтрахъ, приносящихъ болѣе холодный воздухъ, но при которыхъ бываютъ менѣе обильные осадки, чѣмъ при теплыхъ западныхъ вѣтрахъ. Совсѣмъ иное происходитъ въ Гренландіи. Къ востоку и западу отъ нея находятся моря, вполнѣ не замерзающія, но холодныя: здѣсь и лѣтомъ температура поверхности рѣдко поднимается выше 5° и, слѣдовательно, пары образуются при такой температурѣ, что, поднявшись до 1000 метровъ и охладившись при этомъ, они даютъ снѣгъ, а не дождь. То же самое я замѣтилъ о болѣе высокихъ широтахъ южнаго полушарія, напримѣръ, даже о моряхъ, окружающихъ острова Новую Георгію и тѣмъ болѣе острова болѣе высокихъ широтъ, и предполагаемый южнополярный материкъ. За 60° ю. ш. даже и лѣтомъ температура поверхности моря ниже 0. Но вмѣстѣ съ тѣмъ это море не замерзаетъ сплошь, какъ моря высокихъ широтъ сѣвернаго полушарія (у береговъ Америки и Азіи) и, слѣдовательно, съ такихъ морей и зимою идутъ довольно сильныя испаренія, и они служатъ источникомъ обильныхъ осадковъ въ видѣ снѣга, отъ чего и зависятъ большіе ледники на всѣхъ островахъ южнаго полушарія къ югу отъ 50°, за исключеніемъ Огненной земли.

Позже вышла книга Уитнея. Онъ, между прочимъ, утверждаетъ, что уменьшеніе ледниковъ и снѣжниковъ отъ такъ называемой ледниковой эпохи до сихъ поръ скорѣе доказываетъ охлажденіе земного шара: менѣе испаряется воды, особенно съ поверхности тропическихъ морей, менѣе и образуется осадковъ. Я уже впе-

редъ отвѣчалъ относительно того, что касается морскихъ климатовъ высокихъ среднихъ широтъ западной Европы. Здѣсь влаги и осадковъ болѣе, чѣмъ довольно для образованія ледниковъ, и если ихъ нѣтъ, то потому, что температура высока. Помимо Гренландіи, Новой Зеландіи и Патагоніи, острова южнаго полушарія между 47°—63° ю. ш. показываютъ намъ, что̀ происходитъ при холодномъ влажномъ климатѣ съ малой годовой амплитудой; на всѣхъ ихъ, кромѣ острововъ Аукլендъ и Чатамъ близъ Новой Зеландіи и Фалкландскихъ, имѣются ледники. Упомянутыя исключенія лишь подтверждаютъ правило: эти острова находятся среди исключительно теплыхъ морей южнаго полушарія.

Изъ этого видно, что я держусь гипотезы средней между обѣими выше разобранными, иначе сказать, признаю правильность нѣкоторой части обѣихъ и отвергаю крайности ихъ. Кромѣ того, я вообще обратилъ вниманіе на то, что происходитъ на большихъ материкахъ, между тѣмъ какъ ученые западной Европы большею частью обращаютъ на нихъ слишкомъ мало вниманія.

Перехожу теперь къ ученію, которому очень посчастливилось, въ особенности въ Англіи, до самаго послѣдняго времени. Оно прошло чрезъ нѣсколько фазисовъ и потому не можетъ быть охарактеризовано такъ кратко, какъ три выше разобранныя.

Впервые, въ видѣ еще очень несовершенномъ и грубомъ, оно было выражено въ 1842 г. Адемаромъ[1]). Гипотеза эта можетъ быть названа гипотезой попеременныхъ ледниковыхъ явленій въ сѣверномъ и южномъ полушаріяхъ. Извѣстно, что земля описываетъ вокругъ солнца эллипсисъ, въ одномъ изъ фокусовъ котораго находится солнце. Вслѣдствіе этого разстояніе земли отъ солнца неодинаково въ разное время года. При нынѣшнихъ условіяхъ перигелій (наибольшая близость земли отъ солнца) почти совпадаетъ съ срединою нашей зимы и лѣта южнаго полушарія (1 января нов. ст.); а такъ какъ ближайшую къ солнцу часть орбиты земля проходитъ скорѣе, то понятно, что зима южнаго полушарія длиннѣе зимы сѣвернаго почти на 8 дней. Извѣстно также, что, вслѣдствіе притяженія другихъ планетъ, время перигелія и афелія (наибольшаго разстоянія земли отъ солнца) измѣняется посредствомъ такъ называемаго предваренія равноденствія, такъ что приблизительно черезъ 10.500 лѣтъ въ тотъ день, когда былъ перигелій

[1]) Adhemar. Les révolutions de la mer. Paris. 1842.

(нынѣ 1 января нов. ст.) будетъ афелій и обратно, а чрезъ 21.000 лѣтъ возвращается прежнее положеніе.

Адемаръ думалъ, что эти явленія имѣютъ вліяніе на распредѣленіе температуръ и образованіе льдовъ. Въ теченіе нѣсколькихъ тысячъ лѣтъ, пока продолжаются условія, приблизительно сходныя съ нынѣшними, окажется, что южное полушаріе имѣетъ нѣсколько десятковъ тысячъ лишнихъ зимнихъ дней по сравненію съ сѣвернымъ. Не принимая въ разсчетъ, что это обстоятельство вознаграждается тѣмъ, что въ болѣе короткое лѣто южнаго полушарія, вслѣдствіе близости къ солнцу, получается большее количество солнечнаго тепла въ сутки, и что годовая сумма его совершенно равна для одноименныхъ широтъ сѣвернаго и южнаго полушарій и только распредѣлена нѣсколько иначе въ году, Адемаръ сталъ вычислять, насколько должна возрасти толщина ледяныхъ покрововъ въ южномъ полушаріи, и какія отсюда должны произойти послѣдствія. Стоя вполнѣ на точкѣ зрѣнія школы катаклизмовъ или революцій, онъ говоритъ далѣе, что, когда условія измѣнятся, и оба полушарія станутъ получать приблизительно одинаковое количество тепла въ зимнее время или, точнѣе, зима станетъ одинаково длинна, а затѣмъ длиннѣе въ сѣверномъ, то южно-полярные льды станутъ сначала немного таять, а затѣмъ всей массой потеряютъ равновѣсіе и направятся къ экваторіальнымъ морямъ, произведя потопъ по дорогѣ; затѣмъ подобное же наростаніе льдовъ начнется въ сѣверномъ полушаріи, и черезъ 10.500 лѣтъ отъ ихъ таянія опять произойдетъ такой же потопъ.

Ученіе Адемара въ значительно очищенномъ и болѣе раціональномъ видѣ было представлено извѣстнымъ шотландскимъ геологомъ Кроллемъ и въ этомъ видѣ нашло многихъ послѣдователей, въ особенности между англійскими учеными [1]). Между ними назову въ особенности Гейки (Geikie) и Уоллэса (Wallace).

Кролль обращаетъ особенное вниманіе на измѣненія эксцентричности земной орбиты. Въ настоящее время она такъ мала, т. е. эллипсисъ, описываемый землею вокругъ солнца, настолько приближается къ кругу, что зима въ афеліи въ южномъ полушаріи имѣетъ лишь малое вліяніе на накопленіе льдовъ. Онъ подробно распространяется о томъ, что вліяніе зимы въ афеліи,

---

[1]) См. его два труда «Climate and time». London. 1875. — и «Climate and Cosmology». London. 1885.

т. е. въ наибольшемъ отдаленіи отъ солнца или въ тѣхъ условіяхъ, которыя имѣютъ теперь мѣсто въ южномъ полушаріи, особенно замѣтно въ тѣ періоды, когда земля описываетъ вокругъ солнца орбиту въ видѣ болѣе удлиненнаго эллипсиса, чѣмъ теперь. Оказывается, если вѣрны вычисленія астрономовъ, Леверрье и Стоквелля, что въ нѣкоторые періоды эта орбита была гораздо длиннѣе, чѣмъ теперь, такъ что разность между продолжительностью временъ года въ обоихъ полушаріяхъ доходила до 36 дней, т. е. слишкомъ вчетверо болѣе, чѣмъ теперь. Кролль не говоритъ о возростаніи толщины морскихъ льдовъ, но, какъ геологъ, много занимавшійся ледниковыми явленіями, обращаетъ главное вниманіе на условія образованія, сохраненія и таянія снѣга и образованія изъ него снѣжниковъ, ледниковъ и ледяныхъ покрововъ.

Вообразимъ себѣ, говоритъ онъ, условія полушарія, имѣющаго зиму въ афеліи при большой эксцентричности земной орбиты. Продолжительность зимняго времени здѣсь больше, чѣмъ на противоположномъ полушаріи, и не только это имѣетъ значеніе, но и то обстоятельство, что зима будетъ гораздо холоднѣе, чѣмъ въ одноименныхъ широтахъ другого полушарія, такъ какъ въ то время земля находится въ наибольшемъ отдаленіи отъ солнца; въ болѣе продолжительную и холодную зиму будетъ падать болѣе снѣга, чѣмъ сколько его падаетъ теперь, онъ будетъ падать раньше осенью и позднѣе весною, затѣмъ снѣгъ будетъ падать до болѣе низкаго уровня въ горахъ и до болѣе низкихъ широтъ; слѣдовательно, къ веснѣ, ко времени начала таянія снѣга, его окажется больше, чѣмъ теперь. Правда, лѣто теплѣе или, точнѣе, въ теченіе лѣта, при такихъ условіяхъ, получится большее количество солнечнаго тепла въ сутки, но это приращеніе солнечнаго тепла въ калоріяхъ не возстановитъ равновѣсія, потому что снѣгъ имѣетъ въ самомъ себѣ въ значительной степени условія устойчивости. Шероховатая поверхность снѣга разсѣеваетъ солнечные лучи, причемъ они быстро проходятъ обратно черезъ воздухъ, содержащій малое количество водяныхъ паровъ, почти совсѣмъ не нагрѣвая его. Затѣмъ, лѣтомъ, какъ показываютъ условія нынѣшнихъ полярныхъ странъ, во время таянія снѣга и льда, должны существовать густые туманы, которые въ значительной степени мѣшаютъ проникновенію солнечнаго тепла къ поверхности снѣга; поэтому, думаетъ Кролль, въ теченіе каждаго года подобнаго періода въ полушаріи, имѣющемъ зиму въ афеліи, будетъ

накопляться нѣкоторое количество снѣга сверхъ того, которое таетъ; этотъ снѣгъ будетъ обращаться въ снѣжники и затѣмъ въ ледники и, слѣдовательно, значительно возрастетъ пространство, покрытое льдомъ въ данномъ полушаріи.

Въ полушаріи, имѣющемъ зиму въ перигеліи (нынѣшнія условія сѣвернаго полушарія), въ эпоху большей эксцентричности, явленія будутъ обратныя, т. е. въ теченіе короткой и притомъ болѣе теплой зимы будетъ падать гораздо менѣе снѣга, чѣмъ теперь; паденіе снѣга въ горахъ начнется лишь съ большой высоты надъ уровнемъ моря въ низкихъ широтахъ, а на равнинахъ и на берегахъ морей лишь съ болѣе высокихъ широтъ. Понятно, что къ веснѣ снѣга накопится здѣсь менѣе, чѣмъ теперь, и хотя въ теченіе лѣта получится менѣе солнечнаго тепла въ сутки, вслѣдствіе того, что въ лѣтнее время земля находится въ афеліи, но за то продолжительность лѣта гораздо больше, чѣмъ продолжительность зимы, и такъ какъ количество снѣга, накопившееся за зиму, меньше, чѣмъ теперь, то таяніе должно сильно подвинуться и, послѣ извѣстнаго періода существованія подобныхъ условій, снѣга и льды исчезнутъ изъ даннаго полушарія, по крайней мѣрѣ, въ видѣ постояннаго явленія. Паденіе снѣга будетъ ограничиваться лишь короткими промежутками зимнихъ мѣсяцевъ въ высокихъ широтахъ и на высокихъ горахъ.

Кролль не ограничился только этими аргументами; онъ распространилъ свою гипотезу и далѣе, и именно въ слѣдующемъ видѣ: извѣстно, какое большое значеніе имѣютъ морскія теченія, какъ велико ихъ вліяніе на распредѣленіе тепла на земномъ шарѣ; извѣстно, въ особенности, каково вліяніе Гольфстрема на климатъ западной Европы. Относительно этого теченія уже установлено, что часть приносимой имъ теплой воды идетъ изъ Атлантическаго океана къ югу отъ экватора. Если уже теперь, при такой малой эксцентричности земной орбиты, полушаріе, имѣющее зиму въ перигеліи (сѣверное), получаетъ такое количество теплой воды изъ другого полушарія, то тѣмъ болѣе это должно быть при большой эксцентричности орбиты. Переносъ теплой воды изъ южнаго, Атлантическаго океана въ среднія и высокія широты сѣвернаго полушарія зависитъ, по мнѣнію Кролля, отъ большой силы юго-восточнаго пассата, а она, съ своей стороны, зависитъ отъ того, что южное полушаріе въ настоящее время холоднѣе сѣвернаго; вслѣдствіе этого условія болѣе слабый сѣверный пассатъ нигдѣ не доходитъ до экватора, а южный пассатъ, напротивъ, во мно-

гихъ мѣстахъ переходитъ чрезъ него. Кролль думаетъ, что, при большей эксцентричности, эти явленія существовали бы въ еще большихъ размѣрахъ; пассатъ полушарія, имѣющаго зиму въ афеліи, переходилъ бы до 15—20° широты чрезъ экваторъ и вслѣдствіе этого переносилъ бы огромное количество теплой морской воды изъ этого полушарія въ то, которое имѣетъ зиму въ перигеліи; слѣдовательно, и это большее количество теплой морской воды способствовало бы таянію льдовъ въ послѣднемъ полушаріи, а меньшее количество теплой воды, чѣмъ теперь, способствовало бы образованію и сохраненію большаго количества льдовъ въ полушаріи, имѣющемъ зиму въ афеліи.

Мнѣ всегда казалось, что всѣ эти гипотезы Адемара, Кролля и т. д. могутъ быть характеризованы латинской пословицей: post hoc, ergo propter hoc (послѣ этого, слѣдовательно, поэтому): предшествующее явленіе принимается за причину послѣдующаго. Въ настоящее время, дѣйствительно, на моряхъ южнаго полушарія температура ниже, пассаты сильнѣе, нѣкоторое количество теплой воды переходитъ въ среднія и высшія широты сѣвернаго полушарія; въ южномъ больше льдовъ, и они доходятъ до болѣе низкихъ широтъ. Такъ какъ притомъ, при нынѣшнихъ условіяхъ, южное полушаріе имѣетъ зиму въ афеліи, а сѣверное — въ перигеліи, то связали это послѣднее явленіе съ предыдущими, но справедливо ли, спрашивается? Нѣкоторое расширеніе географическаго кругозора показываетъ намъ, что нѣтъ.

Значительное превышеніе температуры сѣвернаго полушарія надъ южнымъ свойственно, главнымъ образомъ, Атлантическому океану и западной Европѣ. Оно несомнѣнно въ значительной степени зависитъ отъ массы теплой воды, вливаемой въ сравнительно узкое пространство сѣвернаго Атлантическаго океана, а послѣдняя, въ свою очередь, въ значительной степени зависитъ отъ условій географическихъ, въ особенности отъ положенія мыса Сенъ-Рока въ Южной Америкѣ и сосѣднихъ съ нимъ мѣстностей. Въ Индійскомъ океанѣ нѣтъ такого различія температуры сѣвернаго и южнаго полушарія въ открытомъ морѣ и нѣтъ, между прочимъ потому, что теплыя воды изъ тропической части океана не могутъ уноситься въ среднія и высшія широты сѣвернаго полушарія, такъ какъ этотъ океанъ доходитъ лишь до тропиковъ. Въ Тихомъ океанѣ существуетъ мощное теплое теченіе, тоже несущее нѣкоторое количество воды изъ южнаго полушарія въ среднія широты сѣвернаго, такъ называемое «Куро-

сиво», но этотъ океанъ такъ широкъ, что теплое теченіе имѣетъ сравнительно мало вліянія, и температура сѣверной и южной части Тихаго океана, по крайней мѣрѣ, на открытомъ морѣ, приблизительно одинакова: берегъ Калифорніи имѣетъ такое холодное лѣто, которое не встрѣчается и въ южномъ полушаріи въ тѣхъ же широтахъ.

Если въ меридіанахъ Индійскаго и Тихаго океановъ всетаки въ южномъ полушаріи болѣе снѣжниковъ и ледникомъ, чѣмъ въ сѣверномъ, то это зависитъ отъ преобладанія океановъ—въ первомъ и материковъ—въ послѣднемъ, т. е. здѣсь является вліяніе сравнительной сухости материковъ и обилія влаги на моряхъ.

Именно, въ южномъ полушаріи, при нынѣшнемъ распредѣленіи суши и морей, встрѣчаются условія особенно благопріятныя, а въ сѣверномъ особенно неблагопріятныя для образованія ледниковъ: въ первомъ мы имѣемъ въ среднихъ широтахъ и до 70° южной широты значительныя пространства морей, которыя настолько обширны, что не могутъ въ значительной степени согрѣваться теплыми теченіями; отсюда—обиліе осадковъ, образующихся испареніями съ довольно холоднаго моря и, слѣдовательно, падающихъ въ видѣ снѣга; въ сѣверномъ полушаріи обратно—нѣкоторая часть морей, т. е. среднія и высшія широты Атлантическаго океана и небольшая часть Тихаго, именно, вслѣдствіе своихъ малыхъ размѣровъ, въ весьма значительной степени согрѣваются теплыми морскими теченіями изъ тропическихъ странъ, слѣдовательно, тамъ, гдѣ обиліе влаги и преобладаніе осадковъ въ зимнее время были бы благопріятны для образованія ледниковъ, согрѣваніе морей теплыми теченіями противодѣйствуетъ ихъ образованію, такъ какъ осадки падаютъ большею частью въ видѣ дождя. Остальныя части болѣе высокихъ сѣверныхъ широтъ заняты материками, гдѣ малое количество осадковъ препятствуетъ образованію снѣжниковъ и ледниковъ, и отчасти внутренними или средиземными морями, которыя, вслѣдствіе вліянія окружающихъ материковъ и вслѣдствіе значительнаго количества опрѣсненной воды въ верхнихъ слояхъ, замерзаютъ довольно рано и на большія пространства; затѣмъ на ледъ падаетъ снѣгъ и условія испаренія съ подобнаго водоема тогда не отличаются отъ тѣхъ, которыя встрѣчаются на материкахъ.

Возьмемъ широты отъ 60° до 72° сѣверной широты. Здѣсь мы можемъ отличить три области: 1) Атлантическій океанъ между Гренландіей и Норвегіей и нѣсколько къ сѣверу отъ послѣдней

Здѣсь влажность очень велика, осадки обильны, падаютъ главнымъ образомъ въ холодное время года, но, вслѣдствіе высокой температуры, падаютъ большею частью въ видѣ дождя; лишь въ болѣе высокихъ горныхъ поясахъ Норвегіи преобладаетъ снѣгъ и встрѣчаются обширные ледники. 2) Далѣе къ востоку—Сибирь и Ледовитый океанъ, затѣмъ большая часть сѣверо-американскаго материка и архипелагъ къ сѣверу отъ него являются странами холодными, но слишкомъ сухими для образованія обширныхъ ледниковъ. На материкахъ падаетъ мало снѣга, онъ сравнительно быстро таетъ, моря замерзаютъ сплошь рано осенью и на значительное пространство отъ материка и потому даютъ мало паровъ именно въ то время, которое было бы особенно благопріятно для образованія снѣга, а изъ него снѣжниковъ и ледниковъ. 3) Затѣмъ остается Гренландія и отчасти Шпицбергенъ и западный берегъ Новой Земли, страны менѣе холодныя, чѣмъ Сибирь и Сѣверо-Американскій материкъ, и менѣе теплыя, чѣмъ западная Европа и сосѣдняя часть Атлантическаго океана. Здѣсь, какъ извѣстно, находятся мощные ледники и причины этого легко найти. Это — страны гористыя, сосѣднія съ холодными, но далеко не вполнѣ замерзающими морями,—морями, испаряющими много воды и въ зимнее время и даже въ лѣтнее охлажденными настолько, что пары, поднимающіеся съ нихъ, уже на небольшой высотѣ 500 метровъ надъ уровнемъ моря, даютъ чаще снѣгъ, чѣмъ дождь. Такимъ образомъ, исключеніе изъ общихъ условій сѣвернаго полушарія подтверждаетъ наше общее правило.

То, что въ сѣверномъ полушаріи встрѣчается въ видѣ исключенія, въ южномъ—правило, и такъ какъ вмѣстѣ съ тѣмъ лѣто въ южномъ полушаріи—и вслѣдствіе большаго пространства морей и вслѣдствіе массы ледяныхъ горъ на нихъ—холоднѣе, чѣмъ въ одноименныхъ широтахъ сѣвернаго полушарія, то это обстоятельство способствуетъ болѣе долгому сохраненію тамошнихъ болѣе обильныхъ снѣговъ.

Отсюда видно, что то, что Адемаръ, Кролль и другіе натянуто объясняютъ вліяніемъ зимы въ афеліи южнаго и перигеліи сѣвернаго полушарія, а послѣдній также и вліяніемъ большой эксцентричности земной орбиты, гораздо проще объясняется нынѣшними географическими условіями. Но я, однако, далекъ отъ того, чтобы объяснять только географическими условіями, главнымъ образомъ инымъ распредѣленіемъ морей и материковъ, то гораздо большее распространеніе ледниковъ и ледяныхъ покрововъ

которое имѣло мѣсто на сѣверномъ полушаріи въ такъ называемый ледниковый періодъ, но объ этомъ—послѣ.

Затѣмъ разсмотрю, какая можетъ быть крупица справедливаго въ гипотезѣ Кролля. Возьмемъ среднія широты въ морскомъ климатѣ, въ особенности у западныхъ береговъ материковъ, т. е. тамъ, гдѣ вообще преобладаютъ осадки осенью и зимой. Нельзя не согласиться съ тѣмъ, что при прочихъ равныхъ условіяхъ въ морскомъ климатѣ, при зимѣ въ афеліи, должно падать болѣе снѣга, чѣмъ при зимѣ въ перигеліи, и чѣмъ больше эксцентричность земной орбиты, тѣмъ больше и различіе обоихъ полушарій. Но при этомъ не забудемъ, что переходъ отъ зимы въ перигеліи къ зимѣ въ афеліи и обратно происходитъ весьма медленно: полный оборотъ приблизительно въ 21.000 лѣтъ, слѣдовательно, половинный отъ одной крайности до другой—въ 10.500 лѣтъ. Возьмемъ приближеніе къ зимѣ въ афеліи отъ средняго состоянія. Въ полушаріи, приближающемся къ зимѣ въ афеліи, накопится немного болѣе снѣга, чѣмъ ранѣе, но въ теченіе лѣта солнце дастъ болѣе тепла въ сутки и, слѣдовательно, условія будутъ благопріятнѣе для таянія снѣга. Далѣе, въ морскихъ климатахъ, особенно болѣе высокихъ среднихъ широтъ, вліяніе температуры моря и морскихъ теченій значительно перевѣшиваютъ вліяніе небольшихъ измѣненій въ количествѣ солнечнаго тепла въ разныя времена года.

Общая годовая сумма солнечнаго тепла, получаемая одноименными полушаріями, совершенно одинакова, а теплоемкость воды и вліяніе ея подвижности настолько значительны, что небольшое различіе продолжительности и температуры зимы и лѣта, при одинаковой годовой суммѣ тепла, очевидно, поведетъ къ тому, что температура поверхности моря останется одинаковой, слѣдовательно, при приближеніи къ положенію зимы въ афеліи температура моря, съ своей стороны, не будетъ содѣйствовать накопленію снѣга, а большее количество тепла, получаемаго около времени лѣтняго солнцестоянія, будетъ содѣйствовать его таянію. Откуда же можетъ получиться накопленіе снѣга при такихъ условіяхъ?

Посмотримъ теперь, что происходитъ на большихъ материкахъ, въ особенности, что должно произойти на Азіатскомъ материкѣ. Нѣтъ никакого сомнѣнія въ томъ, что въ послѣдній ледниковый періодъ западной Европы и Америки Азіатскій материкъ уже существовалъ въ главныхъ чертахъ, и зависящія отъ его географическихъ условій системы распредѣленія давленій и вѣтровъ также должны были существовать, какъ и теперь.

Положимъ, что мы имѣемъ зиму въ афеліи въ сѣверномъ полушаріи въ эпоху большей эксцентричности: въ восточной части Азіатскаго материка, какъ извѣстно, существуетъ климатъ муссоновъ: въ зимнее время вѣтеръ дуетъ извнутри материка къ восточнымъ берегамъ Азіи и приноситъ сухую, ясную и холодную погоду. Зима въ афеліи при большой эксцентричности, несомнѣнно должна была отражаться на температурѣ и погодѣ внутри материка болѣе, чѣмъ теперь: зима была длиннѣе и притомъ холоднѣе, вслѣдствіе отдаленія отъ солнца, поэтому нынѣ существующее внутри материка высокое давленіе должно было еще усилиться и расшириться, а такъ какъ въ тропическихъ океанахъ и въ среднихъ широтахъ къ востоку отъ Азіатскаго материка температура должна была измѣняться гораздо меньше, то весьма вѣроятно, что давленіе тамъ оставалось приблизительно столь же низко, какъ и теперь, слѣдовательно, разность давленія между моремъ и материкомъ, перевѣсъ давленія на послѣднемъ должно было быть больше, слѣдовательно, зимніе холодные муссоны были тогда правильнѣе и сильнѣе. Если уже теперь, благодаря этому теченію воздуха, падаетъ мало снѣга въ восточной части Азіи, то тогда его должно было быть еще менѣе, слѣдовательно, условія для образованія снѣжниковъ и ледниковъ даже въ горахъ были еще менѣе благопріятны, чѣмъ теперь.

Посмотримъ, что должно было произойти лѣтомъ. Лѣто было тогда въ перигеліи, и при большей эксцентричности земной орбиты земля была гораздо ближе отъ солнца въ то время, чѣмъ теперь. Вслѣдствіе этого въ лѣтнее время въ сутки должно было получаться значительно больше тепла отъ солнца, поэтому поверхность пустынь и сухихъ степей внутри Азіатскаго материка должна была быть сильнѣе нагрѣта. Отъ нея, конечно, сильнѣе нагрѣвался воздухъ, слѣдовательно, его разрѣженіе было болѣе, чѣмъ теперь, въ лѣтнее время. Вслѣдствіе этого и разность давленія между моремъ и материкомъ, перевѣсъ давленія на первомъ должны были быть больше. Отъ этой разности давленія нынѣ зависитъ влажный лѣтній муссонъ восточной Азіи. Если она была больше, то это теченіе воздуха должно было быть правильнѣе и сильнѣе и захватывать большее пространство, чѣмъ теперь. Это обстоятельство, точно также болѣе высокая температура лѣтнихъ мѣсяцевъ были благопріятны для таянія снѣга тамъ, гдѣ онъ падалъ въ теченіе зимы, такъ какъ при такихъ условіяхъ до значительныхъ высотъ осадки лѣтомъ падали въ видѣ дождя, а не снѣга.

Извѣстно, что изслѣдованія геологовъ, хорошо знакомыхъ съ ледниковыми явленіями, какъ баронъ Рихтгофенъ и Помпелли, (Pumpelly) показали полное отсутствіе ледниковыхъ явленій въ Китаѣ и юго-восточной Монголіи [1]), а въ Восточной Сибири они обнаружены въ самыхъ незначительныхъ размѣрахъ въ Олекминско-Витимскихъ хребтахъ и береговой полосѣ Охотскаго моря.

Внутри сѣверо-восточной Сибири точно также болѣе продолжительная и холодная зима, при большой энсцентричности и зимѣ въ афеліи, и болѣе теплое лѣто, при этихъ же условіяхъ не только не были благопріятны для накопленія снѣга, но, напротивъ, должны были способствовать его таянію или меньшему образованію и тамъ, гдѣ его теперь образуется много.

Вообще, мнѣ кажется, что гипотеза Кролля несостоятельна, и приведу еще одинъ аргументъ. Кролль очень настаиваетъ на вліяніи туманов во время таянія снѣговъ и думаетъ, что это явленіе имѣетъ какую-то прямую связь съ таяніемъ снѣговъ. Что туманы господствуютъ въ полярныхъ моряхъ въ лѣтніе мѣсяцы, это несомнѣнно. Но вмѣстѣ съ тѣмъ мы знаемъ, что на обширныхъ материкахъ сѣверныхъ частей Европы, Азіи и Сѣверной Америки каждую весну снѣга таютъ на пространствѣ милліоновъ квадратныхъ километровъ, и, однако, весна далеко не обильна туманами; напротивъ того, во всѣхъ этихъ мѣстностяхъ туманы гораздо чаще частью зимою, частью осенью, т. е. въ такое время года, когда снѣгъ не таетъ; несомнѣнно, что прямой связи таянія снѣга съ туманами нѣтъ на материкахъ. А если туманы господствуютъ лѣтомъ на морѣ, то—вслѣдствіе встрѣчи воздуха очень влажнаго, очень близкаго къ насыщенію и притомъ воздуха разныхъ температуръ. Извѣстно, что тѣ же условія способствуютъ образованію тумановъ весною и лѣтомъ вблизи о-ва Нью-Фаундлэнда, гдѣ близко подходятъ другъ къ другу теплое теченіе (Гольфстремъ) и холодное (Лабрадорское). Надъ тѣмъ и другимъ воздухъ влажный, близкій къ насыщенію, и при встрѣчѣ ихъ образуется туманъ. Густые туманы восточныхъ береговъ Сибири лѣтомъ также объясняются встрѣчею холоднаго и влажнаго воздуха надъ моремъ и болѣе теплаго и тоже влажнаго надъ лѣсами и болотами на берегахъ материка.

Мнѣ всегда казалось, что всю аргументацію въ этомъ отношеніи можно вести совершенно обратно. Можно сказать такъ: при боль-

---

[1]) См. Richthofen, China, T. I.

шой эксцентричности и зимѣ въ афеліи, слѣдовательно, лѣтѣ въ перигеліи вслѣдствіе большаго количества солнечнаго тепла въ теченіе довольно продолжительнаго времени будетъ таять болѣе снѣга и т. д. [1]), т. е. посредствомъ столь же логичныхъ аргументовъ придти къ заключенію, обратному заключенію Кролля. Это, впрочемъ, уже сдѣлано извѣстнымъ англійскимъ геологомъ.

Приведу еще справку. Сосѣдняя съ нами планета Марсъ описываетъ вокругъ солнца орбиту, гораздо болѣе удлиненную, иначе сказать, эксцентричность ея больше, чѣмъ когда-либо была эксцентричность земной орбиты [2]). Притомъ перигелій приходится въ теченіе лѣта южнаго полушанія Марса, именно 36 дней до южнаго солнцестоянія (на землѣ, какъ извѣстно, 10 дней позже южнаго солнцестоянія), причемъ годъ Марса = 687 днямъ, т. е. почти вдвое длиннѣе земного года, а сутки почти одинаковы. Изслѣдованія Марса показали, что вблизи полюсовъ этой планеты имѣются снѣга и льды. Еслибъ была справедлива гипотеза Кролля, то, при огромной эксцентричности орбиты Марса и зимѣ въ афеліи, на южномъ полушаріи этой планеты должно бы быть несравненно болѣе снѣговъ и льдовъ, чѣмъ на сѣверномъ. Оказызывается, однако, что, напротивъ, снѣгъ совершенно таетъ вблизи южнаго полюса Марса лѣтомъ, а вблизи сѣвернаго остается небольшое пространство, покрытое снѣгомъ.

Въ настоящее время геологи, занимающіеся вопросомъ о ледниковыхъ явленіяхъ на европейскомъ материкѣ, все болѣе и болѣе склоняются къ тому, что крайнее распространеніе ледниковъ и ледниковыхъ покрововъ было во время низкой температуры на всемъ земномъ шарѣ, слѣдовательно, опять перевѣсъ переходитъ къ гипотезамъ если не космическаго, то, такъ сказать, геліографическаго характера и отвергается противоположеніе условій благопріятныхъ для ледниковъ попеременно, то въ сѣверномъ, то въ южномъ полушаріяхъ.

---

[1]) См. статью «Examinations of Dr. Croll's Hypotheses on geological Climates». American Journal of Science. 1886.

[2])

		Земля	Марсъ
	Эксцентричность орбиты	$\frac{1}{60}$	$\frac{1}{10{,}7}$
Тыс. килом.	Разстояніе въ перигеліи . . .	146.501	205.857
	Отъ солнца въ афеліи	151.499	248.203
	Разность	4.998	42.346

См. Flammarion La planète Mars. Paris. 1892.

Если съ этой точки зрѣнія разсматривать ледниковыя явленія, то, вѣроятно, придется также смотрѣть на высокую температуру, господствовавшую въ теченіе третичнаго періода; но какія причины того и другого явленія? Въ гипотезахъ недостатка не было: какихъ только ни было высказано въ этомъ отношеніи!

Между прочимъ, до недавняго времени многіе думали, что сравнительно высокая и равномѣрная температура, господствовавшая до эоценоваго (древне-третичнаго) періода объясняется вліяніемъ собственной теплоты земли, и лишь послѣ этого преобладающее вліяніе получило солнечное тепло. Отъ этого приходится отказаться послѣ обстоятельныхъ изслѣдованій сэра Уильяма Томсона (лорда Кельвина), доказавшаго, что во всякомъ случаѣ, съ начала органической жизни земли, внутренняя теплота ея не могла имѣть сколько нибудь существеннаго вліянія вслѣдствіе дурной теплопроводимости слоевъ земной коры.

Англійскіе ученые, въ особенности Ляйель и его школа, обращали особенное вниманіе на условія географическія и думали объяснить многія явленія инымъ распредѣленіемъ морей и материковъ, вслѣдствіе чего моря высокихъ широтъ могли получать гораздо большее количество теплой воды, чѣмъ теперь. Это мнѣніе я считаю отчасти справедливымъ, но только однимъ перераспредѣленіемъ морей и материковъ ограничиться нельзя, тѣмъ болѣе, что въ настоящее время достаточно доказано, что въ очень значительныхъ размѣрахъ оно съ того времени произойти не могло.

Точно также не стану распространяться о гипотезахъ, связанныхъ съ перемѣщеніемъ полюса; не говоря уже о крайней невѣроятности этого явленія, но куда ни перемѣщай полюсъ, въ ту или другую эпоху, очень многаго все-таки объяснить нельзя.

Въ прошломъ году вышла книга, которая, мнѣ кажется, даетъ довольно удовлетворительное объясненіе многимъ явленіямъ и притомъ не противорѣчитъ основнымъ ученіямъ астрономіи, физики и метеорологіи: Dubois. Die Klimate der geologischen Vergangenheit und ihre Beziehung zurEntwickelungs-geschichte der Sonne. Leipzig. 1893. Она основана на слѣдующихъ коренныхъ положеніяхъ: 1) до эоценоваго періода климатъ былъ довольно равномѣрно распредѣленъ, иначе сказать, было мало различія между экваторіальными и полярными странами; 2) отъ эоценоваго (ранне-третичнаго) до пліоценоваго (поздне-третичнаго) періода произошло сравнительно быстрое охлажденіе высокихъ широтъ, давшее тамъ климатъ, довольно сходный съ тѣмъ, который господствуетъ теперь; 3) за-

тѣмъ начался періодъ сравнительно краткихъ, но значительныхъ охлажденій соотвѣтственно ледниковымъ періодамъ, слѣды которыхъ нашли геологи, и болѣе продолжительныхъ и теплыхъ, такъ называемыхъ междуледниковыхъ періодовъ, въ теченіе одного изъ которыхъ мы и живемъ теперь. Подобное явленіе продлится довольно долго, а затѣмъ уже произойдетъ сравнительно быстрое значительное охлажденіе и, какъ говорятъ французы, начало конца. Эти явленія авторъ объясняетъ вліяніемъ солнца на землю.

Спектральный анализъ свѣта солнца и звѣздъ показалъ довольно большое сходство, по крайней мѣрѣ, нѣкоторыхъ звѣздъ съ нашимъ центральнымъ свѣтиломъ и вмѣстѣ съ тѣмъ показалъ, что эти звѣзды, т. е. солнца особыхъ міровъ, дѣлятся на три главныя категоріи: на категоріи бѣлыхъ, желтыхъ и красныхъ звѣздъ. Бѣлыхъ звѣздъ около 58% всего количества, и самый яркій представитель ихъ Сиріусъ. Не можетъ быть сомнѣнія въ томъ, что эти звѣзды имѣютъ атмосферу водорода и очень высокую температуру, при которой значительно преобладаютъ лучи фіолетовые и синіе, т. е. лучи малой длины волны. Рядомъ съ водородомъ на нѣкоторыхъ изъ этихъ звѣздъ замѣчаются тонкія линіи, которыя, вѣроятно, объясняются присутствіемъ паровъ металловъ, главнымъ образомъ желѣза.

Звѣзды второго класса, желтыя, къ которымъ принадлежитъ и наше солнце, уже не имѣютъ атмосферы водорода и, вѣроятно, имѣютъ болѣе низкую температуру. Эти звѣзды, какъ и наше солнце, показываютъ въ спектрѣ большое количество тонкихъ линій, соотвѣтствующихъ парамъ металловъ; водородныя линіи гораздо тоньше и ихъ меньше. Изъ всѣхъ звѣздъ около 33% принадлежитъ къ категоріи желтыхъ.

Затѣмъ около 8% всѣхъ звѣздъ принадлежитъ къ категоріи красныхъ. Спектроскопъ показываетъ намъ, что здѣсь охлажденіе пошло, вѣроятно, гораздо далѣе. Фіолетовые лучи почти отсутствуютъ, зато встрѣчаются широкія темныя полосы спектровъ металловъ, указывающія на то, что эти элементы уже начинаютъ соединяться между собою, т. е. температура настолько понизилась, что уже допускаетъ подобныя соединенія, невозможныя при болѣе высокой температурѣ.

Чрезвычайно мало количество звѣздъ, находящихся въ переходномъ положеніи отъ перваго ко второму классу, сравнительно больше, но тоже немного,—отъ второго къ третьему.

Заключая изъ относительнаго количества звѣздъ того или другого класса о продолжительности ихъ существованія въ томъ или другомъ видѣ, на основаніи Лапласовой гипотезы, авторъ думаетъ, что до начала эоценоваго періода наше солнце было въ состояніи бѣлой звѣзды; затѣмъ сравнительно быстро отъ эоценоваго до пліоценоваго періода оно потеряло много тепла и перешло въ состояніе желтой звѣзды; затѣмъ временно, въ ледниковые періоды переходило въ состояніе гораздо болѣе холодной красной звѣзды и опять возвращалось къ желтому состоянію въ междуледниковые періоды. Такъ, думаетъ онъ, будетъ продолжаться довольно долго, пока солнце не перейдетъ окончательно въ состояніе красной звѣзды, а затѣмъ и свѣтъ его померкнетъ

Астрономы наблюдали нѣкоторыя, такъ называемыя, перемѣнныя звѣзды, которыя въ сравнительно быстрые промежутки времени переходили изъ положенія желтыхъ въ красныя звѣзды и обратно, и авторъ считаетъ это явленіе аналогичнымъ съ тѣмъ, что происходило на нашемъ солнцѣ въ началѣ и концѣ ледниковыхъ періодовъ.

Слѣдовательно, основаніе гипотезы то, что, пока солнце находилось въ состояніи бѣлой звѣзды, оно давало гораздо болѣе тепла, причемъ климатъ былъ гораздо равномѣрнѣе, чѣмъ теперь. Однако, если можно допустить болѣе значительное количество тепла, получавшагося отъ солнца—и въ этомъ нѣтъ ничего противорѣчащаго изслѣдованіямъ астрономовъ и физиковъ, то на первый взглядъ кажется, что именно равномѣрности допустить нельзя, такъ какъ извѣстно, что всякое измѣненіе количества солнечнаго тепла отражается гораздо болѣе на широтахъ тропическихъ, чѣмъ при-полярныхъ. Откуда же равномѣрность при такихъ условіяхъ?

Дѣло объясняется слѣдующихъ образомъ: по изслѣдованіямъ Ланглея, оказывается, что фіолетовые и синіе лучи солнечнаго спектра, которые, конечно, преобладали въ то время, когда солнце издавало бѣлый свѣтъ, поглощаются въ громадныхъ размѣрахъ нашею атмосферою, между тѣмъ какъ лучи красные и ультракрасные, которые преобладаютъ въ нынѣшнее время, поглощаются въ гораздо меньшей степени, какъ показываетъ слѣдующая таблица; она основана на наблюденіяхъ и вычисленіяхъ Ланглея во время его экспедиціи въ Калифорнію: a) относится къ слою выше горы Уитней (mt. Whitney) 11.625 ф. н. у. м., b) къ слою

нижней станціи Лонъ-Пайнъ (Lone Pine на высотѣ 3.600 ф. н. у. м.)[1]).

Верхняя строка даетъ условія ультрафіолетовыхъ лучей, нижнія—темныхъ, т. е. лучей за красною и ультракрасною частью спектра.

Длина волны. λ	Коэфиціентъ теплопрозрачности. a.	Коэфиціентъ теплопрозрачности. b.
0,000375 мил.	0,35	0,10
0,000400	0,48	0,15
0,000450	0,81	0,09
0,000560	0,85	0,12
0,000600	0,88	0,32
0,000700	0,94	0,54
0,000800	0,99	0,88
0,000100	0,92	0,99
0,000120	0,97	0,96

Таблица показываетъ намъ, что нижній слой атмосферы поглощаетъ 90% ультрафіолетовыхъ лучей и гораздо меньшее количество красныхъ, ультракрасныхъ и темныхъ лучей, слѣдовательно, послѣдніе почти полностью доходятъ до земной поверхности.

Отсюда получается слѣдующее заключеніе: когда солнце было бѣлое, когда въ его спектрѣ было очень много фіолетовыхъ и синихъ лучей, то очень значительный % ихъ поглощался воздухомъ и нагрѣвалъ его, но не доходилъ до поверхности материковъ, океановъ и нижняго слоя воздуха, и вслѣдствіе этихъ условій на поверхности земли въ тропическихъ странахъ температура могла быть и не особенно высока, но вся масса воздуха была гораздо сильнѣе нагрѣта, чѣмъ теперь, и разность температуры всего столба воздуха въ тропикахъ и полярныхъ странахъ была значительно больше, чѣмъ теперь.

Важнѣйшія гипотезы, объясняющія общія условія движенія воздуха на земномъ шарѣ, между прочимъ, гипотезы Ферреля и Сименса, въ значительной степени основываются на вліяніи температуры всего столба воздуха въ высокихъ и низкихъ широтахъ. Чѣмъ больше эта разность, тѣмъ правильнѣе и сильнѣе идетъ этотъ обмѣнъ воздуха между высокими и низкими широтами, а

[1]) Langley. Researches on solar heat. Professional papers of the Signal Service. XV. Washington.

такъ какъ отъ вѣтра зависятъ и морскія теченія, то и они должны быть сильнѣе при этихъ условіяхъ, когда разность температуры всего столба воздуха больше, и обмѣнъ между высокими и низкими широтами идетъ быстрѣе. Вслѣдствіе этого живого, быстраго и правильнаго обмѣна воздуха и морскихъ теченій гораздо большее количество тепла, чѣмъ теперь, переносилось изъ низкихъ широтъ въ высокія, въ особенности на берега морей высокихъ широтъ и, слѣдовательно, если не прямо, то косвенно большее количество солнечнаго тепла нагрѣвало высокія широты, способствовало повышенію температуры ихъ, сравнительно съ тою, которую мы имѣемъ теперь. Кромѣ того, по мнѣнію автора, умѣренію температуры въ тропикахъ способствовало болѣе сильное испареніе, на которое затрачивалась значительная часть солнечной энергіи, а такъ какъ такое усиленное испареніе должно было выразиться большимъ, чѣмъ нынѣ, количествомъ облаковъ, то эти облака, въ свою очередь, умѣряли температуру низкихъ широтъ и способствовали сохраненію тепла, приносимаго воздушными и въ особенности морскими теченіями въ высокихъ широтахъ.

Когда солнце перешло постепенно изъ состоянія бѣлой въ состояніе желтой звѣзды, то въ его спектрѣ стали преобладать красные лучи, менѣе сильно поглощаемые атмосферою, и большій % уменьшеннаго солнечнаго тепла сталъ доходить до поверхности суши и моря; отсюда—слѣдствіе, что въ нижнемъ слоѣ воздуха въ тропическихъ странахъ температура не особенно понизилась, и въ гораздо большемъ размѣрѣ это пониженіе коснулось болѣе высокихъ слоевъ воздуха.

Въ общемъ уменьшилась разность температуры всего столба воздуха въ высокихъ и низкихъ широтахъ и отсюда — энергія воздушныхъ и морскихъ теченій, такъ сильно способствующихъ нагрѣванію высокихъ широтъ на счетъ низшихъ.

Еще въ большей степени это должно было быть въ то время, когда яркость солнечныхъ лучей еще болѣе уменьшилась, когда еще болѣе преобладали красные и ультракрасные лучи надъ другими, т. е. въ ледниковые періоды. Опять-таки это имѣло меньшее вліяніе на нижніе слои воздуха въ тропикахъ и бо̀льшее вліяніе на замедленіе обмѣна воздуха между высокими и низкими широтами, слѣдовательно, и на уменьшеніе морскихъ теченій, способствующихъ уравненію температуры между широтами. Отсюда видно, что гипотеза Дюбуа заслуживаетъ полнаго вниманія, по крайней мѣрѣ, въ своихъ основныхъ чертахъ, но несомнѣнно требуетъ нѣкото-

рыхъ измѣненій, дополненій, а въ нѣкоторыхъ частностяхъ, къ которымъ мы теперь перейдемъ, и исправленій.

Всего болѣе требуетъ исправленія слѣдующее: авторъ исходитъ изъ невѣрнаго мнѣнія, что нагрѣваніе солнцемъ суши въ тропикахъ главнымъ образомъ способствуетъ нагрѣванію высокихъ широтъ. Такое мнѣніе уже было высказано Ляйелемъ, но послѣдующія изслѣдованія Петермана и Кролля указали на то, какое громадное количество тепла несутъ морскія теченія въ высокія широты, и какъ незначительно, въ сравненіи съ нимъ, вліяніе теплыхъ воздушныхъ теченій. Я даже выразился бы въ этомъ отношеніи такъ: воздушныя теченія важны, главнымъ образомъ, какъ передаточные механизмы, переносящіе высокую температуру съ морей, нагрѣваемыхъ теплыми теченіями, на сосѣдніе материки и острова.

Точно такъ же мною приведено много примѣровъ того, до какой степени нагрѣтыя материковыя пространства низкихъ широтъ имѣютъ мало вліянія на болѣе высокія широты [1]). Чѣмъ же объяснить ошибку Дюбуа? Просто тѣмъ, что онъ принялъ самыя шаткія гипотезы за дѣйствительность.

Разность между материковымъ и морскимъ климатомъ настолько значительна и настолько важна во всей экономіи земного шара, что, понятно, обратила на себя всеобщее вниманіе, и многіе авторы задались цѣлью опредѣлить, такъ сказать, нормальную среднюю температуру разныхъ широтъ въ чисто-материковомъ и чисто-морскомъ климатѣ. Первая попытка подобнаго рода была сдѣлана Сарторіусомъ ф. Вальтерсгаузеномъ [2]) (1865 г.). Затѣмъ слѣдуетъ указать на изслѣдованія Форбса [3]), Ферреля [4]), Ганна [5]), Шпиталера [6]), наконецъ, всѣ новѣйшія работы Ценкера (1888—1893 гг.) [7]).

---

[1]) См. Климаты земного шара. С.-Петербургъ. 1884.

[2]) Sartorius von Waltershausen. Untersuchungen über die Klimate der Gegenwart und Vorzeit.

[3]) J. D. Forbes. Inquiries about terrestrial temperatures. Trans. R. Soc. Edinburg v. XXII.

[4]) Ferrel. Meteorological researches. I. Washington. 1877.

[5]) J. Hann. Temperatur der südl. Hemisphäre (Sitzungsb. d. math. nat. Klasse d. Wien. Akad. Jan. 1882). Нѣсколько статей въ Zeitschr. Oest. Ges. Meteor. и особенно въ Handbuch der Klimatologie. Stuttgart. 1884.

[6]) B. Spitaler. Wärmeverteilung auf der Erdoberfläche. Sitzb. mat. nat. Klasse. Wien Acad. 1885.

[7]) W. Zenker. Die Verteilung der Wärme auf der Erdoberfläche. Berlin.

Эти авторы старались опредѣлить нормальныя температуры широтъ въ материковомъ и морскомъ климатѣ, и, какъ всегда въ тѣхъ случаяхъ, когда имѣютъ дѣло съ эмпирической формулой, интерполяція допустима, а экстраполяція ведетъ большею частью къ невѣрнымъ результатамъ. Это зависитъ оттого, что въ подобныхъ вычисленіяхъ исходятъ изъ слишкомъ малаго числа факторовъ, между тѣмъ какъ на самомъ дѣлѣ явленія зависятъ отъ большаго ихъ числа. Такъ, въ данномъ случаѣ мы имѣемъ дѣло съ вычисленіями, основанными на вліяніи двухъ факторовъ: широты моря или материка. Пока держатся въ извѣстныхъ границахъ, является возможность выработки нѣкоторыхъ эмпирическихъ выраженій, которыя находятся подъ вліяніемъ не только этихъ двухъ явленій, но и нѣкоторыхъ другихъ. Но какъ только вычисленія распространяются дальше, такъ и оказывается неточность. Достаточно указать на слѣдующій примѣръ: извѣстно, что температура нижняго слоя воздуха гораздо равномѣрнѣе надъ морями, чѣмъ надъ материками, и въ особенности равномѣрность встрѣчается надъ морями низкихъ широтъ; между тѣмъ, по формулѣ Ценкера, экватору приписывается температура 26°, а по формулѣ Форбса 22°. Откуда же это различіе? Оно объясняется очень просто. Ценкеръ исходилъ изъ дѣйствительно наблюдавшейся средней температуры экватора, и поэтому его температура вѣрна, а Форбсъ, исходя изъ условій среднихъ широтъ и изъ коэфиціентовъ, вычисленныхъ на основаніи тамошнихъ условій, по экстраполяціи вычислилъ принимаемую за нормальную для морского климата среднюю температуру экватора. Такой низкой температуры за годъ, однако, нигдѣ на экваторѣ нѣтъ, и даже среди Тихаго океана, въ разстояніи нѣсколькихъ тысячъ верстъ отъ ближайшихъ материковъ, средняя температура года 26°.

Еще менѣе вѣрными оказались вычисленія температуры экватора въ чисто-материковомъ климатѣ, причемъ получилась слишкомъ высокая гипотетическая температура, значительно превосходящая всѣ намъ извѣстныя (именно, вычисленія Форбса дали 43,3). Исходя изъ такихъ невѣрныхъ обобщеній, Дюбуа думаетъ, что болѣе низкая температура подъ экваторомъ въ сре-

1888; Klimat. Wert der Sonnenstrahlen u. thermischer Aufbau der Klimate. Meteor. Zeitschr. 1892; Gesetzmässige Lufttemperatur über dem Meere. Peterm. Mitth. 1893.

динѣ материковъ, чѣмъ та, которой слѣдовало бы ожидать по гипотезѣ Форбса, объясняется тѣмъ, что значительное количество тепла уносится въ высокія широты и служитъ къ ихъ нагрѣванію. Это несомнѣнно несправедливо относительно материковъ, между тѣмъ какъ весьма значительное количество солнечнаго тепла, получаемаго морями низкихъ широтъ, дѣйствительно, идетъ на нагрѣваніе широтъ болѣе высокихъ посредствомъ морскихъ теченій.

Затѣмъ слѣдуетъ вспомнить сказанное ранѣе о необходимости нѣсколько болѣе подробнаго разсмотрѣнія того, что происходитъ на материкахъ высокихъ широтъ и даже что должно было происходить при томъ или другомъ количествѣ солнечнаго тепла въ разные періоды. Нужно удивляться тому, что никто до сихъ поръ не обратилъ вниманія на слѣдующее любопытное явленіе: всѣ до сихъ поръ извѣстные слѣды растеній, указывающіе на гораздо болѣе теплый климатъ въ высокихъ широтахъ въ эоценовую и міоценовую эпохи, были найдены на берегахъ морей высокихъ широтъ. Самые характерные изъ нихъ, какъ извѣстно, были найдены въ Гренландіи и на Гриннелевой землѣ,— самые характерные потому, что они указываютъ на температуру, очень сильно превосходящую нынѣ существующую въ этихъ странахъ. Почему же, однако, ничего подобнаго не было найдено въ срединѣ материковъ?

Я, конечно, разумѣю тогдашніе материки, потому что нѣкоторыя мѣстности, нынѣ находящіяся внутри материковъ, въ то время, вѣроятно, находились на берегу морей.

Возьмемъ основанія гипотезы Дюбуа: гораздо большее количество солнечнаго тепла, сильное нагрѣваніе всей массы воздуха въ тропическихъ странахъ и болѣе сильныя воздушныя и морскія теченія между высокими и низкими широтами въ эоцевовый періодъ. При такихъ условіяхъ, берега материковъ и особенно острова высокихъ широтъ должны были быть гораздо теплѣе, чѣмъ теперь. Масса теплой воды, приносимая морскими теченіями, могла быть настолько значительна, что совершенно не допускала морозовъ, тѣмъ болѣе, что разность между температурой надъ моремъ и на сушѣ вызывала быструю диффузію паровъ въ зимнее время и, слѣдовательно, большую облачность и обильные осадки. Все это объясняетъ высокую температуру на берегахъ морей высокихъ широтъ, и, слѣдовательно, и существованіе флоры, которая нынѣ встрѣчается лишь 30—40° далѣе къ югу.

Совсѣмъ другое должно было быть тогда внутри обширныхъ материковъ, въ особенности Азіатскаго. Болѣе значительное количество солнечнаго тепла, чѣмъ нынѣ, не могло особенно сильно отразиться на зимней температурѣ внутри материковъ высокихъ широтъ при краткости дня и маломъ углѣ паденія солнечныхъ лучей, тѣмъ болѣе, что преобладавшіе тогда фіолетовые и синіе лучи очень сильно поглощались атмосферой. Поэтому, особенно на Азіатскомъ материкѣ, должно было уже существовать большое охлажденіе въ зимнее время и спутникъ этого охлажденія—образованіе областей высокаго давленія. При такихъ условіяхъ растительные организмы, не выдерживающіе низкой температуры, уже и тогда не могли расти внутри материковъ высокихъ широтъ, а обмѣнъ воздуха шелъ въ томъ смыслѣ, что зимою вѣтеръ долженъ былъ дуть извнутри материковъ, гдѣ давленіе было высоко, къ морю, гдѣ оно было низко.

Возьмемъ примѣръ, существующій въ нынѣшнее время: извѣстно, что у береговъ Норвегіи температура такъ высока, что даже за полярнымъ кругомъ январь теплѣе 0°, между тѣмъ какъ на сосѣднемъ Лапландскомъ полуостровѣ средняя температура января —16° и ниже. Если уже при нынѣшнемъ, сравнительно небольшомъ количествѣ теплой воды, вливаемой морскимъ теченіемъ въ Атлантическій океанъ и при такой сравнительно незначительной массѣ суши, какъ Лапландскій полуостровъ, существуетъ такой контрастъ температуры, то что же было тогда, когда морское теченіе нагрѣвало воздухъ надъ Ледовитымъ океаномъ гораздо сильнѣе, а рядомъ съ нимъ былъ громадный Азіатскій материкъ, сильно охлажденный въ зимнее время? Контрасты температуры должны были быть очень сильны и вести за собой соотвѣтствующее распредѣленіе давленія и, слѣдовательно, вѣтеръ изъ холодной внутренности материка къ теплому побережью. Поэтому очень теплое море къ сѣверу отъ холоднаго Азіатскаго материка не могло существенно вліять на температуру послѣдняго. Не могъ онъ согрѣваться и вѣтрами съ болѣе теплыхъ частей материка, такъ какъ давленіе тамъ, навѣрно, было ниже, чѣмъ на сѣверѣ и въ срединѣ материка.

Посмотримъ также, чего въ то время можно было ожидать въ восточной Азіи, гдѣ господствуетъ климатъ муссоновъ. Моря, особенно тропическія, несомнѣнно, были теплѣе, вслѣдствіе этого воздухъ надъ ними разрѣженнѣе, разность между давленіемъ внутри материка и на морѣ—больше, слѣдовательно, зимніе холодные

муссоны были сильнѣе, приносили большую массу холоднаго воздуха изнутри материка. Что касается лѣта, то опять-таки внутри материка, въ болѣе низкихъ широтахъ, даже у поверхности земли, было тепло, тѣмъ болѣе тепла была вся масса воздуха; это должно было вызвать и болѣе сильное муссонное теченіе въ лѣтнее время и болѣе обильные осадки.

Другое слѣдствіе гипотезы Дюбуа, также имъ не указанное: когда преобладали красные лучи, наименѣе поглощаемые атмосферою, то температура у уровня моря и на низкихъ равнинахъ въ тропикахъ могла измѣняться не особенно значительно; но иное нужно сказать о болѣе высокихъ слояхъ воздуха и не только въ свободномъ воздухѣ вдали отъ земли, но и въ горахъ даже тропическаго пояса. Нагрѣваніе сосредоточивалось внизу, а въ горахъ температура была гораздо ниже, чѣмъ теперь, и особенно гораздо ниже, чѣмъ въ то время, когда солнце было въ состояніи бѣлой звѣзды, это зависѣло оттого, что красные лучи очень мало поглощались теплопрозрачною для нихъ атмосферою и, слѣдовательно, мало нагрѣвали ее.

Такъ какъ вблизи моря и въ горахъ несомнѣнно тогда были обильные запасы водяныхъ паровъ, то, при наличности охлажденія, были всѣ условія для образованія ледниковъ въ горахъ, которые дѣйствительно и существовали въ горахъ тропическаго пояса даже очень близко отъ экватора, какъ, между прочимъ, доказываютъ нѣкоторыя новѣйшія изслѣдованія.

Перейдемъ теперь къ условіямъ образованія ледниковъ. Гипотеза Дюбуа даетъ причину низкой температуры въ высокихъ широтахъ, одно изъ условій, благопріятныхъ для образованія ледниковъ и ледяныхъ покрововъ. Тамъ, гдѣ было и другое условіе— обиліе влаги, осадки въ холодные мѣсяцы, тамъ, конечно, при данныхъ условіяхъ должны были существовать ледники. Поэтому понятны обширные размѣры ледниковъ Альпъ, Кавказа, Гималая, Каракорума, Тянь-Шаня, Скандинавіи, сравнительно съ тѣми, которые нынѣ существуютъ, понятно и появленіе ледниковъ на Уралѣ, Карпатахъ, Вогезахъ, Аппенинахъ, гдѣ ихъ нынѣ нѣтъ.

Каковы должны были быть условія на Азіатскомъ материкѣ при такомъ общемъ охлажденіи земного шара? Большее охлажденіе земли въ Восточной Сибири не могло способствовать образованію ледниковъ, такъ какъ всетаки снѣга для этого было мало, но, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, въ горахъ, гдѣ теперь выпадаетъ нѣсколько болѣе снѣга, пониженіе лѣтней температуры, зависящее

отъ меньшаго количества получаемаго отъ солнца тепла, замедляло таяніе, и вполнѣ достаточно, чтобы объяснить слѣды ледниковъ въ Олекминско-Витимскихъ горахъ и на склонахъ горъ у побережья Охотскаго моря.

Что касается климата страны муссоновъ въ восточной Азіи[1]), то здѣсь нужно думать, что общее охлажденіе отразилось даже болѣе сильно на морѣ, чѣмъ на материкѣ, и отсюда — меньшая сила и постоянство зимняго муссона, дующаго изнутри материка къ морю. Что касается лѣтняго муссона, то на его условіяхъ должно было отразиться охлажденіе и моря и материка въ лѣтнее время: меньшее нагрѣваніе материка должно было дать болѣе слабое теченіе воздуха лѣтомъ, чѣмъ теперь, а болѣе холодное море давало меньшій запасъ паровъ, т. е. менѣе обильные лѣтніе осадки. Это обстоятельство, можетъ быть, объясняетъ небольшіе слѣды ледниковъ на западномъ склонѣ главнаго острова Японіи: тамъ и теперь падаетъ очень много снѣга, но теплые лѣтніе дожди способствуютъ его быстрому таянію. Когда воздухъ лѣтомъ былъ менѣе теплый и дождей выпадало меньше, то понятно, что снѣгъ могъ держаться долѣе. Но въ остальныхъ частяхъ области муссоновъ было и тогда мало осадковъ зимою и, слѣдовательно, условія были неблагопріятны для ледниковъ. Какъ видно, гипотеза Дюбуа съ нѣкоторыми выводами, сдѣланными мною, хорошо объясняетъ причину увеличенія горныхъ ледниковъ въ Европѣ, Америкѣ и нѣкоторыхъ частяхъ Азіи и отсутствіе ихъ въ то же время въ восточной Азіи.

Однако, я долженъ признаться, что существованіе обширныхъ ледяныхъ покрововъ въ странахъ столь отдаленныхъ отъ обширнѣйшихъ морей или, точнѣе, по крайней мѣрѣ, не окруженныхъ такими морями, какъ равнина Европейской Россіи до 50° сѣверной широты и восточная часть Сѣверной Америки до 40° сѣверной широты, пока еще не совсѣмъ легко объясняется или, точнѣе, требуетъ для своего объясненія принятія гораздо большаго пониженія температуры въ сравненіи съ нынѣшнимъ, чѣмъ принимаемое Пенкомъ и Брюкнеромъ пониженіе на 4—5°. Послѣднято совершенно достаточно для объясненія обширныхъ горныхъ ледниковъ Альпъ и другихъ горныхъ цѣпей Средней и Западной Европы, Кавказа, Тянь-Шаня и т. д., но не материковыхъ ледяныхъ покрововъ.

---

[1]) См. статью «Климатъ муссоновъ восточной Азіи» (Извѣстія Импер. Русск. Географ. Общ. 1879).

Затѣмъ есть еще одно обстоятельство, которое заслуживаетъ большого вниманія, это именно то, что обширные ледяные покровы и даже очень большое развитіе горныхъ ледниковъ сравнительно съ нынѣшнимъ положеніемъ встрѣчаются въ сѣверномъ полушаріи лишь въ меридіанахъ Атлантическаго океана и близкихъ къ нему. Весьма замѣчательно, что болѣе значительные ледники, какъ материковые, такъ и горные, въ настоящее время существуютъ тоже въ тѣхъ меридіанахъ. Я разумѣю, съ одной стороны, Гренландію съ сосѣдними островами, область нынѣшнихъ наибольшихъ ледяныхъ покрововъ, и Альпы съ другой. Впрочемъ, спѣшу замѣтить, что исключеніе есть, но только одно, это—весьма значительное развитіе ледниковъ у западнаго берега Сѣверной Америки, гдѣ, какъ извѣстно, ледникъ Мюръ (Muir) спускается къ уровню моря подъ 53° сѣв. шир.

Нужно замѣтить, что въ этой области наши знанія нѣсколько расширяются и совершенствуются, и прежнія нелѣпыя гипотезы постепенно устраняются и замѣняются другими, которыя, хотя не могутъ считаться вполнѣ вѣрными теоріями, но, по крайней мѣрѣ, для нынѣшняго состоянія нашихъ знаній могутъ служить тѣмъ, что англичане называютъ рабочими гипотезами (working hypotheses), т. е. такими, которыя хотя не все объясняютъ, но не противорѣчатъ наиболѣе важнымъ фактамъ, намъ до сихъ поръ извѣстнымъ. Во всякомъ случаѣ намъ приходится еще очень много и много сдѣлать: все, что до сихъ поръ сдѣлано въ этомъ отношеніи, оказывается еще слишкомъ недостаточнымъ, и въ особенности бросается въ глаза большое различіе между накопленіемъ матеріала, въ данномъ случаѣ изслѣдованій геологовъ надъ слѣдами древнихъ ледниковъ и ледяныхъ покрововъ, и выясненіемъ причинности явленій: въ первомъ отношеніи сдѣлано сравнительно очень много,—вопросы факта во многихъ случаяхъ разъяснены,—во второмъ же—гораздо меньше.

Это отчасти зависитъ отъ излишней, во многихъ случаяхъ, спеціализаціи наукъ. Дѣло дошло до того, что трудно даже вполнѣ обладать всѣми данными одной науки, а между тѣмъ для разрѣшенія этихъ вопросовъ требуется взаимодѣйствіе многихъ: такъ, геологу въ данномъ случаѣ, что называется, шагу нельзя ступить безъ содѣйствія астрономіи, физики и метеорологіи. И многія ошибки, сдѣланныя до сихъ поръ въ объясненіи явленій, касающихся геологическихъ климатовъ, зависятъ оттого, что ученые послѣднихъ спеціальностей слишкомъ мало занимались

ими, а геологи если и руководствовались указаніями этихъ наукъ, то не всегда правильно. Многія ошибки, указанныя здѣсь въ прежнихъ гипотезахъ, именно зависятъ отъ вышеизложенныхъ обстоятельствъ. Въ особенности желательно было бы, чтобы геологи получили болѣе вѣрное понятіе объ основаніяхъ метеорологіи, такъ какъ въ томъ, что касается астрономіи, какъ науки очень разработанной, легче пользоваться готовыми результатами, а метеорологія еще не разработала многихъ вопросовъ, и это видно каждый разъ, когда, какъ я выше замѣтилъ, мы, такъ сказать, отъ интерполяціи переходимъ къ экстраполяціи, отъ накопленнаго запаса знаній, касающихся нынѣшняго періода, къ объясненію явленій прежнихъ періодовъ. Многое, конечно, зависитъ отъ недостатка фактическихъ основаній для нашихъ изслѣдованій, но кое-что—и довольно многое—также отъ недостаточной разработки многихъ существенныхъ вопросовъ,—вопросовъ, имѣющихъ такое же примѣненіе и къ климатамъ настоящаго времени, какъ и къ климатамъ прошедшаго.

Перепечатано, по распоряженію Императорскаго Русскаго Географическаго Общества, изъ XXX тома «Извѣстій» Общества.

Типографія А. С. Суворина. Эртелевъ пер., д. 13.
(578)